画像処理法を中心とする粒度分布測定方法の発達プロセス (2)

——または“骨折り損のくたびれもうけ”の話し——

神 保 元 二*

Genji Jimbo

5. 半自動法から全自動法へ

前回で述べたイギリスの物理学会のシンポジウム⁵⁾でも、すでに機械的走査法だけでなく後出の光スポット走査法も提案されていた。このほか1個粒子の光散乱法もすでに商品化されはじめていた。(Royco など) これは血球計などとしては高度に自動化された装置となつて1950年代後半に広く用いられていたのである。1960年代にはこうしたさまざまな自動化法が次々に開発されていったわけであるが、これは主に光スポットを用いて図形を情報化する方法で、大体次の3つの種類に分類できるかと思う。

- ① 半自動法
- ② 多点スポット法
- ③ 光スポット走査法 (Flying Spot Method)

もち論この三つは別々のものではなく、①と②、②と③が融合する方向が現在の動向といえようが、一応このように分けて以下で若干流れを追ってみたい。

Zeiss の Particle Size Analyser

半自動法測定装置の代表は、Carl Zeiss 社の Endter の Particle Size Analyser TGZ-3 であろう。この原理は図7のように、顕微鏡写真台の上に、光の円形スポットを投射するようになっている。このスポットはその大きさを虹彩紋りで変えられるようになっているが、この紋りはハンドルをまわして変える。ところがこのハンドルがコレクターのリングもまわし、このコレクターは48のカテゴリーに区分された粒径幅に対応している。測定は粒子の一つ一つに順々に光のスポットを重ね、ちょうど粒子の面積と同じ大きさになるよう光のスポットの大きさをハンドルで調節し、ちょうどあったところで足踏

みスイッチをふむと対応するコレクターの粒径がカウンターに入る、というものである。

これは相当する粒径を人間の判断で決めるという点で自動ではないし、また一つ一つ光のスポットを粒子にあてていくという点でも自動的でない。しかし要求される熟練をもっていれば、面積相当径を求めることができ、代表長さの測定とその分類を自動化することは、いわゆる顕微鏡法の省力化にとって大進歩であった。1,000個の粒子の計測が約15分、とカタログに謳っているから、時速4,000個といったところで、これは当時とすれば大変なものである。この装置は現在に至るまでずい分沢山使われてきたと思う。非常にすぐれた実用装置で、現在でも新しい改良を加えれば今後さらに発展する可能性があるように思う。

しかし私はこの装置には余り関心がなかった。というのは原理的には新しくないし、前にあげた画像処理法の特徴をとくに生かすものとは思われなかったからである。それに値段の方もべらぼうに高くはなかったが、それでも普通の大学の研究室で簡単に買えるものではなかった。1960年代のはじめ頃には、たしか70~80万ではな

図7 Zeiss の Particle Size Analyser の原理図

昭和55年4月8日受付

* 名古屋大学工学部化学工学教室 (〒464 名古屋市中千種区不老町)
TEL 052-781-5111

なおこの TGZ-3 は、後に TGZ-3 Automatic という自動データー処理用に改良されており、このときは本体が180万円位になっていたが、その後のことは詳かにしていない。なおこの原理の改良が荒川先生と島津製作所によって試みられている。

多点スポット法

図形を解析する場合に、長さやその他のアナログ量よりも、面積などをスポットの数といったデジタル量に変換する方がすぐれていることはいうまでもない。こうした方向への第一歩として多点スポットを走査させる方法が、1954年にすでに Nassenstein によって提案されている⁸⁹⁾。

彼の方法は、ネガフィルムを用い、粒子の部分で光が透るのを、多点の感光素子によって感知する。この素子は図8に示すように10個余りが縦方向に配置されているが、一番下のスポットだけが特別になっていて、図中 Z_1 が光を透し、しかも Z_1 と S_1 、 Z_1 と S_2 の間がいずれも透明の粒子像で連結していない場合にだけカウンターが作動して、光を受けた（つまり粒子の影に入った）スポ

図8 Nassenstein の多点スポット法
(B のようにきた粒子のみ S_1 と S_2 の論理回路によって判定して Z_8 まで計数, B' のような粒子はカウントせず)

図9 Nassensteinの方法によって求められる代表径

ット数を下から数えて代表粒径を求めるのである。したがって Z_1 と S_1 の間にたまたま下端がひっかかった粒子影像のみが測定の対象となるわけで、これによって中途半端に測定にひっかかる粒子がでてくることを防いでいるわけである。また面倒なデータ処理も不要であるという特長がある。

しかし、機械的の走査方法であるためスピードがおそく、またスポット数をそれほど多くするわけにはいかず、精度の点でも問題があるのはとに角として、この方法で測定される代表径は図9に示すようにきわめて特殊なものとなって、この点にも大きい問題がある。(この点については同じく Nassenstein の理論的考察がある。)⁹⁾

この原理の測定装置はドイツで Dispersometer という商品名のものが市販されたということはわかっているが、実際にどの位使われたかはわからない。ただ私自身の経験ではヨーロッパの展示会やいくつかの研究室などでも一度もお目にかかったことがないし、またこの装置を用いて測定した、という論文も読んだことがない。

しかし多点スポットという考えは、その後の図形分割の考えにつながっていったものとして評価できるのではないかと思う。

光スポット走査法

機械的走査方法を、電子的な走査方法に変え、測定スピードを飛躍的に上げよう、という試みも、1950年代の前半からはじめられ、後半には2、3の実用装置も市販されるに至っている。この点でも当時先頭を切っていたのはイギリスで、Mullard 社の Film Scanning Particle Analyser と、Messrs. Rank Cintel 社の Flying-spot particle resolver が有名である。とくに前者はわが国でもずい分宣伝されて広く知られていたものである。

その原理図は図10に示すが、光スポットを走査して粒子影像でさえぎられ（或いは反対に透過され）た走査線の長さ（測定はその時間）を測定するというものである。そのとき代表長さをどうとるか、という点は当時の全自動測定装置と称したものが、どの程度の計算ないし

図10 Flying Spot 法の原理

判断機能をもっていたかを知る上で興味深い。

まず Mullard 社の方法は、走査線が影像を横切った切辺の長さ（時間）を、遅延回路によって一回の走査時間分だけ覚えていて、次の切辺の長さと比較する。もし前の方が長ければその長さが代表長であるとする。もし後の方が長ければその次のものと比較し、そのように順々に比較していった最大切辺の長さを求めるわけである。これは結局、定方向最大弦長に相当する。

Rank Cintel 社の方も走査方法の原理は図11のように同じもので、やはり粒子で光がさざぎられ（或いは透過し）たパルスが遅延回路で記憶し、次の回のパルスと比較するものである。この場合はまず図11中(a)のように sizing unit を0にすると一つでも走査線がひっかかっ

図11 Rank Cintel 社法の原理。走査線がひっかかる本数を段々増やし、対象粒子の減少を計数する。

た粒子影像を全部カウントしてしまう。次に sizing unit を2とすると、二つ以上の走査線がひっかった粒子だけをカウントする。その次の unit は $2\sqrt{2}$ で、このようにして $\sqrt{2}$ シリーズで unit を増加していった粒子カウント数の減少から粒度分布を知る、というのがこの方法である。

すでに述べたように前者は日本でもずいぶん宣伝されたものであるが、図12に示すように当時としてはまことにスマートな電子機器で、テレビ画面上でモニタリングしながら測定するという、25年前にはびっくりするほどの最新鋭機器だった。テレビ画面上の粒子のうちカウントしたものに輝点がつく、というのもこの装置からはじまったものではないかと思う。

そんなわけで、いまから考えるとまことに不充分な一種の代表径しかえられない中途半端な測定器であるが、当時何とか自動影像測定法を、と思っていた私にはまことにこれこそこれからの粒度測定装置、と考えてしまったのである。そこで森教授にお願いをして科研費を申請して何とか買おうと思ったのである。当時は設備購入を目的とした科研費があった。

図12 Mullard 社の Film Scanning Particle Analyser L. 188.

ところでその値段であるが、いまそのときの記録も見当らないし記憶もはっきりしないが、ほぼ1,000万円という見当だったように思う。いまから20年以上前、東大でも一講座の研究費は100万はなかったのではないかと思う時代のことである。1,000万円というのはいまの5,000万円よりむしろ1億円に近い感じで受けとられていたように思う。それを3~4年せつせと研究費を申請して結局最後までダメだった。しかしその過程でずいぶん勉強もさせていただいたし、また輸入代理店の松下電器貿易の担当の方ともすっかり仲よくなって大いに頼もしがられたりした。あげくの果てに何かの技術雑誌のセミ・コマーシャルな欄にこの装置の解説記事を書かされたことがある。使ってみたことはもち論、みたこともないものについてくさくさ論じたのだから、若気の至りとはいえずい分図々しい話であった。結構そんなことが通用する粉体工学の状態でもあったのである。

いま私の古いファイルに、1958年の12月から翌1月にかけて、松下電器貿易とMullard社の間で交わした手紙のコピーがある。これは私が細かい点についてあれこれ質問したことに関するもので、たとえば解説書に測定可能なフィルム(35mmのフィルムのみ使用可)はreasonable degree of contrastをもつ必要がある、と書いてあるがこれはどの程度のコントラストか、といったことがかいてある。これに対してMullard社から望ましいコントラストのフィルムの一例を送ってきたことを覚えている。それはきわめて硬いフィルムに強いコントラストをつけて、とくにバックがスカッと抜けているよう現象された粒子の写真で、これだけの顕微鏡写真はとてもとれない、とそのとき感じたことも覚えている。

このMullard社のアナライザーは、一つのフィルムをディスプレイの時間を含めて8秒で処理するという当時としては驚異的な高速測定装置だったが、どうもこのフィルムに対して要求されるコントラストや、電気系の安定性などに問題があったように思う。結局は本格的な測定装置とはいえないものだったように思うが、その後現在の主要機となるQuantimet(後出)などにつながる技術開発としてその重要性はいささかも変らない。

6. 図形分割法測定装置の試作

ヨーロッパでみたこと、知ったこと

そうこうしているうちに、1964年に名古屋大学の現在の研究室を井伊谷先生から引き継がせていただくことになった。正式赴任は1966年の年であったが、名大の諸先生方のご配慮でその1年位前から研究室は実質的にスタートしていた。そこでいよいよ粒度測定に本格的に取組

んでみよう、と思ったのも、いままで述べたようないささかからいってもご理解いただけるかと思う。

そのとき私がやりたくてたまらなかったテーマは3つあって、その1つがこの粒度測定法であったが、その3つとも実はそれに先だつ1961年~62年のヨーロッパ留学によってヒントを与えられたものであった。1961年というと、日本がやがて高度経済成長に向おうかという時代で、すでにかなり欧米を追いかけだしていた時代でもあった。実際イギリスの大学の二流の研究室など、当時の東大の研究室とくらべてはるかに貧弱だった。そのためもうヨーロッパから学ぶことはない、などという留学生もそろそろ出始めていた時代でもあったが、私はヨーロッパの粉体工学から衝撃的な刺激を受けた。少し脇道にそれるが、その点にちょっとふれておきたい。

まず粉体物性の測定がKrupp一派やRumpf一派によって本格的にはじめられており、その研究に直接触れることによって粉体工学がいずれこのような物性をベースにおいた学問になるのではないか、という実感をえた。それから20年近く経って道なお遠しであるが、名古屋に移るとともに浅川助手とこの付着力測定に手を染めて、その後はかばかしい成果はあげていないが、少なくともこの点で大きく欧米から引き離されることなく今日に至った上で多少の役割りを果たしえたかと思う。

次が粉碎である。これはRose研究室で振動ミルの正味のエネルギーを厳密に測定する実験をやっていることに驚ろいた。純粹の粉碎消費エネルギーを求めて固体の表面エネルギーまで求めかねまじき勢いで、粉碎もこれからはこういうしっかりした実験の基盤の方に理論体系が組み立てられていくのだろう、と思った。これも名大で研究室をスタートさせたとき早速はじめて、惨胆たる泥沼にはまりこんだ。これは実はRoseの方も同じことだったようで、結局その結果を発表していない。しかし私の研究室での粉碎研究は、一貫して厳密なエネルギー配分を前提にしてきて、それなりに一つの考え方につながってきたように思う。

最後の粒度分布測定はちょっと様子が違っていた。というのは、この方はむしろ日本で考えていたより世界の水準が高くないように感じたからである。当時この方面で先進国だったイギリスでも、いろいろな試みはありながら、まだ自動粒度測定法は実用になっていないといっ

について、次々に新しいアイデアがだされ、またそれが技術開発として実現していている動きは充分感じられ、刺激を受けたことも事実であった。たとえば Quantimet の初期の装置などその一例である。しかし私はそれをみたとき Mullard からそれほど進んだものとは思わず、進んだ点（最大弦長ではなく、最大径や最小径或いは面積相当径がはかれる）だけコストが高くなっていて、もはや何とか買いたい、という情熱も湧いてこなかったのである。

粒度分布測定法の開発が研究室のはじまり

いずれにしてもいささかクールになった気持ちで、名古屋にきてのスタート時の3つのテーマの1つに粒度測定法の開発を選んだのである。それはまことに楽しい一時期であった。浅川貞雄助手というまたとない論客を相手に、あれこれとアイデアの輪を広げながらまたつづいていく、というプロセスをくり返しながら、装置のデザインを進めていった。少しおくれてエレキに強い山崎昌男氏もグループに参加し、それにまだ若造ばかりだった研究室のメンバーもそれぞれの立場からアイデアをだして大変にぎやかであった。私は粉体工学関係の研究室や研究グループのスタートには、粒度分布測定の問題をとり上げるといいと思う。一番基礎的な問題とも結びつき、応用ともつながる、その上誰でもアイデアをだし討論に参加でき、またそのアイデアを実験的に検証してみることも比較的容易だからである。

私のその頃の研究ノートには、いくつかのアイデアがメモされているが、いまでも面白そうと思って実現に努力してみなかったことが残念なのは、一群の放射線状に配列した光電管ディテクターのハンドルをちょうど大きいスタンプのようにつくり、人手でその中心が測定粒子の何らかの中心（たとえば重心）にあわせておく。この光電管ディテクターにはファイバー・オプティクスなどを使えばよろしかろう、というのである。中心から何

個のスポットが粒子の影像にひっかかるかを数えると粒子の表面積が求まるのではないかと考えた。要するにこれは半自動化法であるが、やはり全自動化にこだわるより、半自動化法の方が現実的ではないかと考えるに至っていたのであろう。

図形分割法の開発へ

結局比較的オーソドックスな方法を開発することとした。その考えは大体次のようなものであった。

- (1) アナログ量ではどうしても精度が落ちるので、ディジタル的に図形を解析する。
- (2) また研究用を主目的とするので、スピードよりもむしろ情報処理量を大きくすることに重点をおく。
- (3) Flying spot など電子の方法は、まだ図形分割を行なうのは難しく、またコスト的にも採用は難しい。したがってスピードは遅いが機械的操作法を用いる。
- (4) 測定端による影像図形の情報化と、その処理は切り離し、後者は別の汎用コンピューターで行なう。したがって測定装置はパンチャーまでとなる。

こういう考えで、まず機械的の走査方法を検討したが、これにはできあいの機械として、ユニオン光学の自動走査顕微鏡 ASM を用いることとした。これは金属表面の図形処理用の装置で、顕微鏡のステージがX軸Y軸に沿ってジグザグに動くようになっており、この動きをコントロールするようになっている。幸い1969年と1970年の2年間、各70万円の試験研究費をえて、基本的な機器の購入が可能となった。当時随分大変な研究費を当てたような気がして大喜びしたものだが、今回あらためて記録を調べてみて、合わせてたった140万円だったのにはちょっと驚ろいた。

顕微鏡のステージの上においたフィルム或いは粒子そのものに、顕微鏡で絞った光スポットを当て、その透過光を光電管でキャッチし、その強さを求める。ここに鋸状の矩形波のパルスをかぶせ、結局このパルスの高さを

図13 図形分割法のブロック・ダイアグラム

波高分析器で2分して2種の信号に変換する。この場合は0と1に変換してテープにパンチした。(図13, 図14)後はコンピューターの問題である。

図14で互いにつながった1の数字の数を数えれば面積がしたがって面積相当径が求まる。また0-1の組み合わせの数を数えれば周の長さが求まり、形状指数としての円形度が求まる。というわけである。

この装置の具体化は山崎昌男氏のアイディアで、マスターコースの藤田訓司君の力によってつくられた。ソフトの関係は藤田君がほとんど担当した。そしてめでたく完成し(図15)、測定精度のチェックを行なうところまでいった。藤田君が図形分割数や、走査方向が測定誤差に及ぼす影響を調べ、簡単ではあるが報文の原稿をまとめた。その粉体工学会誌の原稿用紙に書かれた原稿はいまだに私の手もとにあって、結局発表しなかったわけである。それに一つにはデータがまだ充分でなく、追加を必要とすると思われたからである。

ところでこの装置は全自動だから、じゃんじゃんデータを追加すればいいはずなのだがそれがそうはいかない。というのはやはり走査速度がおそいし視野もせまい

図14 図形分割法の原理図

図15 試作した図形分割法装置。(左下のファイルケースは関係なし)

しで、操作のお守りが結構大変だったからである。しかしそれ以上にびっくりしたのは計算コストが想像以上にはるかに嵩むことだった。表1にまとめて示したが、普通に分散した粒子をまあまあの分割数で測定すると、1個当たり大体40~50円の計算コストがかかる、と藤田君のはじきだした。これだと100個測っても5,000円かかってしまう。1,000個だと実に5万円である。そうなるのであればもらえるならアルバイトに顕微鏡測定をやらせてくれ、という奴があらわれた。もっとも面積径や周長を測ろうということになったら大変な騒ぎであるが。

なぜこんなに計算に手間をとるかということ、各点毎に隣りに違う記号があるかどうか判断しながら一つずつ進んでいくからである。これではとても駄目だということで、ハードとソフトの両面から検討を加えて、やはりハード面で0-1の境界を判断してしまっ、計算を大幅に節約するのがいい、ということまでいって藤田君の修士論文は終わってしまったのである。

改良図形分割法のハードとソフト

藤田君の仕事をマスター論文のテーマとして引継いだのが、これも有能な石井靖道君だった。測定端としては多点スポット法を採用し、フォトセルを40個横方向に並

表1 図形分割法の比較(1969年の時点で作成したものを若干修正)

	図形分割法 (0-1型)	改良図形分割法 (座標読取式)	Quantimet (1970年頃)
粒 径	円相当径 Green径も可能		一次元的代表径(当時)
粒度分布 平均径	計算可能(サブルーチン必要)		計算可能
形状指数	円形度 (サブルーチンによって より複雑なものも可能)		初期のものは不可能。 後にも簡単な 指数のみ。
装置コスト (1970年頃)	約250万円 (+650万円) 専用コンピューター	ほぼ左に同じ	約2,000万円 ~3,000万円
演算コスト	40~50円/個 (コンピューターをつけ れば0円)	4~6円/個 [推算] (同左)	0円
測定時間 (35mmフィルム1コマ)	2~3分 (ただし計算別)	1分未満(計画)	数秒 (計算を含む)

図16 改良図形分割法の原理図 (山崎・石井)

べ、この方向の走査は隣接するフォトセルの電子的なスイッチングで行なったのは、1号機の機械的走査法ののんびりさにこりたからである。縦方向も同様にしてもよかったのであるが、そうフォトセルを並べるわけにはいかない。それに一方の断続的移動なら、パルスモーターとボールスクリューの組み合わせで簡単である、というのでこの方は機械的走査とした。

さて粒子境界の判定はどうするか。図16に示すようにフォトセルのパルス波高から粒子部分のパルスを①のように求め、これをフリップ・フロップ回路の論理機能(遅延記憶)によって一つづらせて②のようにして、次に①と②をコンパレーターの論理機能(排他的論理和)によって①+②のパルスとして、結局粒子影像の境界のパルスだけが残る、その座標をテープに打ちこんでコンピュータに送るようになっていた。(図17)

この改良型はかなりレベルの高い優秀な測定装置だったと思うが、私はほとんど contribute していない。山崎昌男氏が考えて、石井君が何やらせさせとつくって

図17 一応完成した改良図形分割法装置

るのを見たり聞いたりして、“へえー、そんなうまいことができますか”などと感心している中でできてしまった感じである。

石井君はこの測定装置で測定を行ない、やはりスポット数と測定精度の関係について調べたが、まだまだ開発すべきソフト上の問題が沢山あった。たとえば図形の周長測定で、階段状になってしまつて斜めに外周をなぞりならしてやる方法などである。

それ以上に、図形処理をコンピューターでやるなら、必要測定個数の判断までコンピューターでやらせるべきである、ということになった。つまり粒度分布や粒子形状で測定誤差のある範囲内におさめるに必要な個数がわかるので、測定を行ないながら常に必要個数を推算し、必要個数に達したら測定ないし計算をやめ、過剰な計数を防いでコストの低減をはかろう、というのである。

そこで必要個数の推算式を求めようとして、石井君といろいろ考えてみたがどうもうまくいかない。あるとき、これは仙台の粉体討論会で斉藤正三郎先生の楢門粒子の壁面反撥シミュレーション・モデル計算のお話をうかがっているとき、そうだ楢門粒子でシミュレートすれば形状の影響も案外きれいにまとまるのではないか、と思いついた。早速石井君に話したら彼も張切って計算をはじめてなかなか見事な結果をえた。ちょっとがっかりしたこと、形状の影響はあまりないことになってしまったが。

ところが驚ろいたことに、一歩先に井伊谷先生のところで増田弘昭さん(現広島大学)がまことに見事に純理

論的に測定必要個数の推算式をだしてしまった¹⁰⁾。もっとも増田さん達のは形状の影響は入っていない。ところがこの方もずっと最近になって、椿君が別にシミュレーションなんて面倒なことをやらなくても計算できるのに、と何やらやってしまった。特別に椿君が天才というわけではない。図形処理の考えがハードもソフトも数年のうちに急速に進歩したあらわれなのである。

そんなわけで、石井靖道君も立派な論文を残していつてくれたが、第1回のPowtech (1971年)でちょっと一部を発表して、それが誤植だらけの粗末な後刷りになっただけで¹¹⁾、とうとう本格的なペーパーにする機会を失ってしまった。前出の藤田君といい、石井君といい、私の印象に残る大変優秀な院生だったが、“骨折り損”なテーマに巻きこまれたばかりに気の毒なことをしてしまった。まあ人生にこうした運不運はつきものなのである。

7. 自主開発路線の終焉

ディジタイザーの発達・採用

山崎-石井両氏の手によって改良図形分割粒度分布測定装置の骨組みはでき上がり、若干の測定も行なったが、しかしこの装置は結局は実際の粒度測定には用いらなかった。簡単にいえばこの段階ではまだ原理面での実験に成功した、というところで、実用測定装置にするためには、関連機器、装置の改良などハード、ソフト両面の改良とノウハウが必要であったからである。

ところが一方で図形処理の電子機器の開発スピードはすさまじく、われわれの装置をさらに資金を投じあの程度開発しても、はたしてそれらの装置と対抗できるかどうか疑問であった。Quantimetや π MC-Bousch-Lombのような高級な全自動装置は、予想通り安くなっていなかった。むしろ機能が向上した点だけコスト・アップしてわれわれの手からは遠のいていた。しかもその機能は形状指数の測定の面などではわれわれの装置に劣っていた。その頃国産のメーカーもこの種の図形解析装置の開発に積極的に取組み、いまこの面で中心的に活躍している日本レギュレーターや浜松テレビなどがそろそろ装置をだしはじめていた。私はとくに浜松テレビのエリア・アナライザーC507というのがいいのではないかと思い、また将来の発展の可能性があるのでないかと思い1971年から72年にかけてずいぶん検討したが、結局500万位はかかりそうで採用にふみ切るには至らなかった。その点ではわれわれの装置はまだ開発する意味があるとも思われた。

しかし図16をみてもわかるように、改良図形分割装置は結局粒子の周をなぞってその座標を求める方法であっ

て、これはディジタイザーということになる。ところがこの頃ディジタイザーに大きい発達がみられていた。それまでのディジタイザーは機械的方法で、X、Y両方向に軽るく動くアームを動かしてプロットするところの座標を機械的に読むものだった。図体も大きいし、扱いにくいようで、またコストもかなり高く、余り食指の動くものではなかった。ところが1972年に、新しい原理のディジタイザーがあらわれた。これはグラフ・ペンというアメリカの装置で、ちょっと大きいボールペン様のスタイラスペンで透明板上の点を押すと、ペンの先端の小さい電極でスパークを発してこの超音波を測定板の外周にはった超音波センサーでキャッチして、その伝達時間の違いからX、Y座標を知る方法である。装置もコンパクトで取扱いも簡単で、格段の進歩がみられた。値段もペンチャーを入れて270万円、と各部分毎に順々に購入すればわれわれでも何とか購入できないものでもなかった。

もち論スタイラスペンを1つ1つ当てていくわけであるから人手も要するし個人的誤差も入る。しかしわれわれの装置は当時の段階ではやはりかなり人手が必要だったし、いわゆる全自動といわれている装置にしても写真の画面処理などかなり人手を要したり人間による判断を下したりする必要があることが多く、グラフペンが非常に不便というわけでもなかった。とくに当時、われわれの研究室では流動層中の気泡の大きさや形を測定する必要があったが、これなど全自動装置ではまず無理であった。そして1972年の夏にグラフペンの購入を決定し、以後粒径(図形解析による)や形状測定は全面的にこの方法によることとなった。このグラフペンも古くなって今年更新することとなって、測定板の下に磁歪素子を設置した武藤工業のデジグラマに切り替えることとしている。

骨を折って損をして——そして得たもの

かくして実質的に研究テーマとして取り組んでいた期間としてもほぼ4年、かなりのエネルギーを割いて開発を進めてきた新しい図形分割方法による装置の研究は、一つのペーパー(口答発表は若干あり)¹²⁾も生むことなく終わってしまった。その面では完全な失敗である。まことに残念でもあるし責任も感ぜざるをえない。とくにすぐれたアイデアを原理的には成功させながら、もう一歩というところでストップをかけられてしまった山崎昌男氏はさぞ残念だったろうと思うし、申し訳なく思っている。

その失敗の原因は、基本的にはエレクトロニクスとコンピュータの進歩がこれほど急速とは予測せず、機械

的方法を選んだことにあるだろう。もう一つは、やはり大学の研究室では基本原理の開発はできても、それを実用装置として完成するための副次的な技術開発やノーハウ蓄積がとてできない。やはりその段階になればメーカーなどとの協力が不可欠であるがそれをしなかった、ということであろう。これらはすべて私の判断の誤りであった。

しかしこの経験で得たものも決して小さくなかったと思っている。図形解析というもっとも基本的なものと取り組んだので、その後のこの方面での技術面・研究面で

文

- 8) Nassenstein, H.: *Chemie-Ing.-Technik*, 26, 661 (1954)
- 9) Nassenstein, H.: *Ibid*, 30, 594 (1958)
- 10) Masuda, H. & K. Iinoya: *J. Chem. Engg., Japan*, 4, 60 (1971)

の進歩に常に密着することができた。グラフペンの導入も割合早く、その活用をすぐ全面的に展開することができ、研究面での効果はきわめて大きかったように思う。またハード面でもこの開発過程でえたエレクトロニクスないし電氣的知識の蓄積は山崎昌男氏の流動層内部の種々の測定装置の開発につながり、それなりに生かされたのではないかと思う。いわば波及効果であって、大学の研究というものは結局このような全体的な水準の向上に役立てばそれはそれとして評価していただけるものなのかも知れない。

献

- 11) Jimbo, G. & M. Ishii: *Proceedings of Powtech '71*, No. 1, p. 91.
- 12) 神保元二, 山崎昌男, 藤田剛司: 化工協会・第7回総合シンポジウム (1968年11月・東京)

第3回EPA集塵技術シンポジウム予告 (アメリカ)

アメリカ環境庁主催の表記シンポジウムは前2回はデンバーで開催されたが、今度はフロリダのオーランドのシェラトンホテルで81年3月9日から21日まで開かれ

る。運営は前回同様デンバー大学、デンバー研究所のF. P. Venditti教授で、論文募集は本年9月10日に発表される。(井伊谷)

Powtech '80 及び国際会議予告 (イギリス)

ヨーロッパ化学工学連合の第241回行事としても行われる「粒子技術国際シンポジウム」が81年3月10日から13日までイギリスのバーミンガムで展示会と並行して開催される。講演申込は3頁のアブストラクトと共7月1日までにラフボロ大学のFreshwater教授宛おくこと

になっている。テーマは粉体工学全般であるが、オンライン計測や輸送、貯槽等に主力をおくようである。また第2回ヨーロッパ混合シンポジウムも同時に開催される予定である。(井伊谷)